

【ミニ特集】超強加工により形成する組織写真集-9 表面・局部超強加工により形成する組織

ショットピーニングにより鉄鋼材料表面に形成したナノ結晶粒組織

Nanocrystalline Surface Layer of Steels Formed by Shot Peening

戸高 義一*1、梅本 実*1、渡辺 幸則*2、山崎 歩見*3、土谷 浩一*4

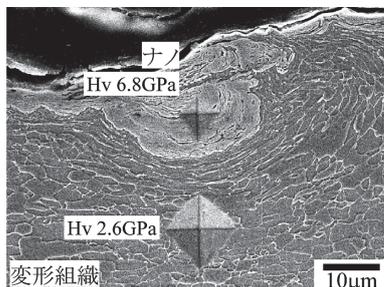


図1 表面がナノ結晶粒化したショットピーニングのままの590MPa級高張力鋼 Fe-0.05C (フェライト組織) のSEM組織とビッカース硬さ結果

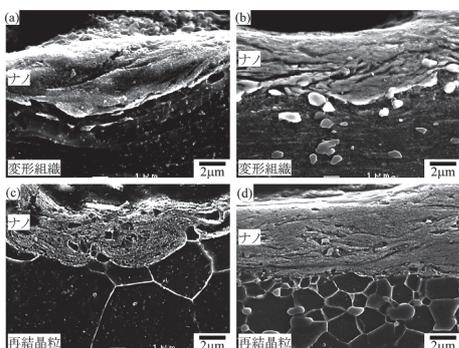


図2 表面がナノ結晶粒化した (a)、(b) ショットピーニングまま材と (c)、(d) ショットピーニング後600°C、1h焼鈍材のSEM組織 (a)、(c) 低炭素鋼 Fe-0.03C (フェライト組織、80%圧延材)、(b)、(d) 共析鋼 Fe-0.8C (球状セメントイト組織、84%圧延材)

ショットピーニングは、鋳鋼等のショット材を材料表面に衝突させて材質制御する表面処理方法である。材料表面近傍のみを塑性変形させることで残留圧縮応力が生じ、また、加工硬化するため、疲労強度や耐摩耗性が向上する。ショットピーニングの加工の程度を表すカバレッジCは、被加工材の加工全面積Aとショットピーニングにより生じた圧痕の総面積Bより、 $C=B/A \times 100\%$ と定義される。通常の加工ではカバレッジ300%程度であるが、さらに加工することで各種鉄鋼材料表面がナノ結晶粒化することが明らかとなった^{1,2)}。φ50µmの鋳鋼ショット(Fe-0.1C、mass%)を190m/sの速度でショットピーニング(カバレッジ1000%)した、各種鉄鋼材料のSEM組織を図1、図2に示す。試料表面から数µmの深さの領域で、内部の変形組織と明瞭な境界を有する、初期組織とは全く異なる組織が観察される。この領域の硬さは内部の変形組織に比べて著しく高い(図1)。TEM観察より、この領域はナノ結晶粒化していることが分かった(図3)。試料表面に形成したナノ結晶粒組織は、ナノレベルでの観察においても、内部の変形組織と明瞭な境界が観察された(図3(c))。また、その他のナノ結晶粒化に伴う組織変化の特徴として、初期組織にセメントイトを含む場合、セメントイトが分解する点が挙げられる。図2(b)に示すように、試料内部に観察される数µmのセメントイト粒子がナノ結晶粒組織では認められない。さらに、ナノ結晶粒組織は、600°Cの焼鈍でさえもほとんど粒成長せず、内部の再結晶粒組織と明瞭な境界を維持したままである(図2(c)、(d))。セメントイトが分解したナノ結晶粒組織は焼鈍後も均一であり(図2(d))、セメントイト分解後の炭素がナノ結晶粒組織に広く分散することが分か

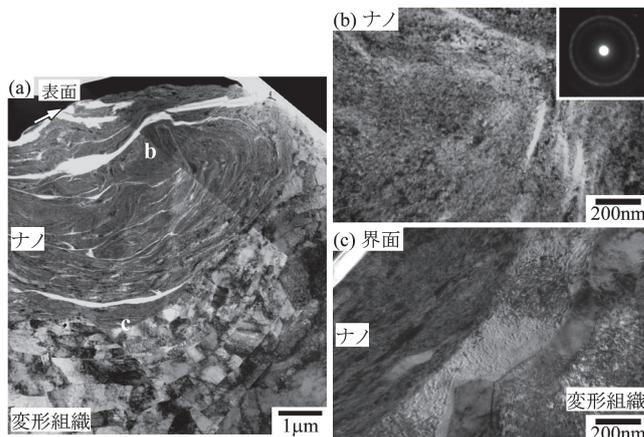


図3 表面がナノ結晶粒化したショットピーニングのまま(カバレッジ2000%)の低炭素鋼 Fe-0.03CのTEM組織 (b)、(c)は(a)中のナノ結晶粒組織(b)とナノ結晶粒/変形組織界面(c)の高倍TEM組織((b)中のディフракションパターンは、(b)の明視野像に対応する領域より取得した)

る。ショットピーニングによるナノ結晶粒化は、低温で大きな歪量、歪勾配が多方向からのショット材の衝突により高歪速度で付与されることにより生じると考えられる^{3,4)}。ナノ結晶粒化に伴う明瞭な境界の形成やセメントイト分解のメカニズムと、ナノ結晶粒組織の熱的に安定な理由については未だ明らかになっていない。

謝辞

本研究は第15回(社)日本鉄鋼協会鉄鋼研究振興助成の成果である。また、TEM試料作製・観察は大同特殊鋼(株)殿の協力を得た。ここに記し、謝意を表する。

参考文献

- 1) 戸高義一, 梅本実, 渡辺幸則, 土谷浩一: 日本金属学会誌, 67 (2003), 690.
- 2) Y. Todaka, M. Umemoto, Y. Watanabe and K. Tsuchiya: Mater. Sci. Forum, 503-504 (2006), 669.
- 3) Y. Todaka, M. Umemoto, Y. Watanabe and K. Tsuchiya: Trans. Mater. Res. Soc. Jpn., 29 (2004), 3523.
- 4) Y. Todaka, M. Umemoto, Y. Watanabe, A. Yamazaki, C. Wang and K. Tsuchiya: ISIJ Int., 47 (2007), 157.

(2008年10月31日受付)

*1 豊橋技術科学大学生産システム工学系
 *2 豊橋技術科学大学大学院生(現: NTN(株))
 *3 豊橋技術科学大学大学院生(現: 大同特殊鋼(株))
 *4 豊橋技術科学大学生産システム工学系(現: (独)物質・材料研究機構)